

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004年4月8日 (08.04.2004)

PCT

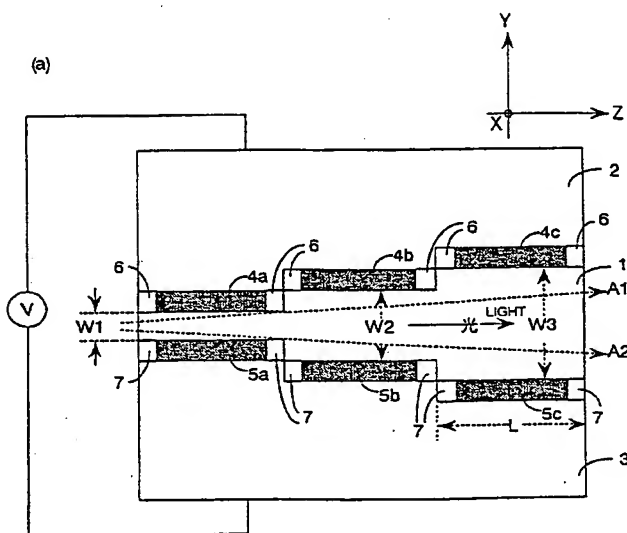
(10) 国際公開番号  
WO 2004/029712 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G02F 1/29, 1/03
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/012304
- (22) 国際出願日: 2003年9月26日 (26.09.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-283704 2002年9月27日 (27.09.2002) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒545-8522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてののみ): 南 功治 (MINAMI, Kohji) [JP/JP]; 〒639-2304 奈良県御所市大広町283-12 Nara (JP).
- (74) 代理人: 野河 信太郎 (NOGAWA, Shintaro); 〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満5丁目1-3 南森町パークビル Osaka (JP).
- (81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

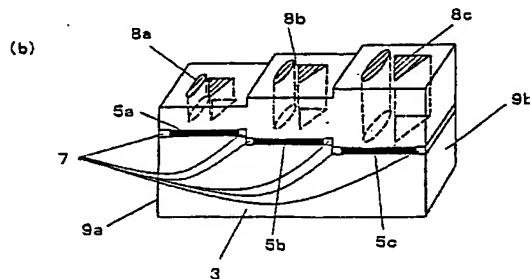
[続葉有]

(54) Title: OPTICAL PATH SWITCHING DEVICE

(54) 発明の名称: 光路変換デバイス



101



(57) Abstract: An optical path switching device comprises a light transmitting portion, a first electrode layer, a second electrode layer, a first adhesive layer, a second adhesive layer, a first supporting portion and a second supporting portion. The light transmitting portion has a plurality of refracting regions wherein the refractive indexes of a light can be uniformly controlled by the electro-optic effect in the direction perpendicular to the traveling direction of the light, and the thickness of the light transmitting portion changes along the traveling direction of the light. The first electrode layer and the second electrode layer are so formed as to sandwich the light transmitting portion and as to cover at least a part of the refracting regions. The first supporting portion is tightly arranged on a side of the first electrode layer, which side is out of contact with the light transmitting layer, via the first adhesive layer. The second supporting portion is tightly arranged on a side of the second electrode layer, which side is out of contact with the light transmitting layer, via the second adhesive layer.

(57) 要約: この発明の光路変換デバイスは、電気光学効果により光の進行方向に対して垂直な方向に一樣に光の屈折率を制御可能な複数の屈折領域が形成され、かつ光の進行方向に沿って厚さが変化する光透過部と、光透過部を挟みこむように、かつ少なくとも屈折領域の部分の覆うように形成された第1電極層及び第2電極層と、第1電極層の光透過部と接触しない側に第1接着層を介して密接配置される第1支持部と、第2電極層の光透過部と接触しない側に第2接着層を介して密接配置される第2支持部とを備える。



(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## 光路変換デバイス

## 5 技術分野

本発明は、光路変換素子に関し、バルク型の電気光学結晶を用い、電氣的にレンズ効果を実現する電界変調型の光路変換素子に関するものである。

## 10 背景技術

電気光学効果により屈折率変調させ、光路を変換する技術がある。特許文献 1（特開平 1-230017 号公報）に開示された電気光学効果によりレンズ効果を得るデバイスについて、図 13 および図 14 を用いて説明する。

15 図 13 のデバイスは電気光学媒体（結晶材料部）301 が電極 302 に挟まれ、電圧電源 303 の印加電圧を変えることで屈折率変化を起こさせる構成となっている。ここで、レンズ効果は、図 13 に示すように電極 302 の形状をレンズ効果が得られるような形状にすることで得られる。集光性能としては一方向の集光性があり、言わば焦点可変のシリンドリカル  
20 レンズとして機能している。

また、図 14 では、2分の1波長板 315 を介して、上記デバイス 314 と 316 とを連結している。ここで、2分の1波長板は偏向方向を 90 度回転させるためのもので、デバイス 314 とデバイス 316 とで電気光学効果による同じ屈折率変調効果を得るためのものである。

25 この連結したデバイスでは、上記の理由で図 14 の x と z の 2 方向への光の集束効果を得ることができる。

前記特許文献 1 の電気光学効果を有するデバイスでは、電極 302 の形状を光路変更したい方向に応じた曲面を有する形状にして、レンズ効果を得ようとしている。

該構成において、電気光学効果による屈折率変化を効果的に得るために  
5 、結晶材料部 301 が薄いほど屈折率変化が大きいという性質を利用して、光路変換デバイスで光の通過する結晶材料部 301 の厚さを全体的に薄くする方法がある。

しかし、全体に薄くするだけでは、駆動電圧を効果的に下げられない場合がある。例えば、その結晶材料部 301 が図 13 に示されたデバイスの  
10 ように光束進行方向に対して一様な厚さである場合で、かつ発散光が入射したときには、デバイスの出射端で光束径が最大になるので、それより光源側では、デバイス内を通過する光が必要以上に厚い結晶材料部 301 を通る割合が多くなり、同じ電圧に対しても相対的に電界強度が落ち、デバイス内を通過する光にとって適切な電気光学効果を得ることができない。

15 また、レンズ状の屈折領域を光束進行方向に対して多数連続に並べれば、デバイス全体としてのレンズ効果は大きくなるが、このときも並べるレンズ状屈折領域が多いほど、デバイス長が長くなり大型化する欠点もある。

これらのことを合わせて考えると、同じ面積の屈折領域で同じ屈折効果  
20 を得るための駆動電圧が最小に近づくように、単純に結晶材料部 301 単独で、可能な限り発散光の光束変化に合うようにその厚さが変化するような光路変換デバイスを構成することが考えられるが、これを単純に実行すると以下のような問題が発生する。

まず、結晶材料部 301 に非常に薄い部分を作ることにもなるので光路  
25 変換デバイス自体をアセンブリする際の位置決め基準の形成が困難になる。また、その光路に対して平行でない面に位置決め基準を形成すること

は、位置決め基準を不明確にしやすい。さらに、この結晶材料部の厚さが極端に薄くなる部分もあり得るので、デバイス製造時に結晶材料部が歪む、あるいは線膨張係数の異なるところに貼り付けた後などに温度変化等で結晶材料部が歪むといったような、光路変換デバイスで重要なところの結晶材料部の電気光学効果にも大きな悪影響を与える。

さらに上記の厚さ変化を、厚さの異なる結晶材料部（314～316）を図14に示されたような連結によって与えようとする、結晶材料部を薄くするほど光路を合わせる調整工程にも高い精度が必要になり、かつ不連続構造で生じる反射の問題を解消するため、連結する前に連結面それぞれを入出射面として研磨する必要も発生するなど製造工程自体も煩雑になる。

なお、この他に結晶材料部301の厚さを光束に合わせて薄くした場合で、出射端で開口制限する場合では、結晶材料部301を完全に通過し切れなかった光が、その結晶材料部301の上下の界面で強く反射する確率が高くなる。この反射は、光路変換デバイスの出射光に混入することで、このデバイスを用いる光学系内での迷光となるので、この低減に対する配慮も必要である。

#### 発明の開示

20 本発明では、発散光に対して光路変換デバイス中の同じ面積の屈折領域において、ある大きさの屈折効果を得るための駆動電圧が最小に近づくように、光の入射端から出射端まで結晶材料部に厚さ変化を与える場合に、結晶材料部の不連続がないようにその厚さを変化させ、かつ結晶材料部の歪み防止やデバイス製造上の基準形成、デバイスアセンブリ時の位置基準形成も容易にできる光路変換デバイスを提供することを目的とする。

本発明は、光の進行方向に対して垂直な方向に一様に電気光学効果によ

り光の屈折率を制御できるように複数の屈折領域が形成され、かつ光の進行方向に沿って厚さが変化する光透過部と、光透過部を挟みこむように、かつ少なくとも屈折領域の部分を覆うように形成された第1電極層及び第2電極層と、第1電極層の光透過部と接触しない側に第1接着層を介して密接配置される第1支持部と、第2電極層の光透過部と接触しない側に第2接着層を介して密接配置される第2支持部とを備えたことを特徴とする光路変換デバイスを提供するものである。

ここで、電気光学効果とは、光を透過する部分を有する媒体において、光が透過する部分の光の屈折率が変化するように、電圧を印加して、その媒体の厚さを変化させ、媒体に入射された光の進行方向を変化させる効果をいう。このような電気光学効果を持つ媒体を、一般に電気光学媒体、あるいは圧電結晶媒体という。

この発明の光透過部は $\text{LiNbO}_3$ のような圧電結晶媒体、第1および第2支持部は金属粒子混入型の導電性エポキシ樹脂や酸化銀混入型の有機銀系の導電性樹脂、導電性めっきを施した鉄系材料のような導電材料媒体あるいはPMMAやポリイミドのような絶縁材料媒体、第1および第2電極層はAlなどのような導電材料、第1および第2接着層はエポキシ系やアクリル系などの接着材料をそれぞれ用いることができる。

これによれば、光透過部を挟むように第1及び第2の支持部が配設されているので、光透過部を薄層形成した場合であっても、光透過部の使用上の破損を防止することができる。たとえば、光透過部の入射面、出射面の研磨加工等においても、第1及び第2の支持部によって補強されているので、破損することなく容易に加工が可能である。

また、光ピックアップやスキャナーのような装置に組み込む場合にも、第1及び第2支持部の少なくとも一方を取り付け基準とすることができるので、アライメントが容易となり、製造工程における作業時間の短縮を行

うことができる。

さらに、光透過部を薄層形成することができるので、光透過部中に発生する電界強度を向上させることが可能となり、その結果、屈折率変調効果を有効に利用することができる。

- 5 発散光に対して光路変換デバイス中の同じ面積の屈折領域において、ある大きさの屈折効果を得るための駆動電圧が最小に近づくように、光の入射端から出射端まで結晶材料部に厚さ変化を与える際に、その厚さ変化を光透過部に与えた場合に、薄いことが弊害で基準が設定しにくく、かつ変形しやすい光透過部を第1支持部、第2支持部が支えているので、光透過部
- 10 部の歪み防止効果を与えるだけでなく、デバイス製造上の基準形成、デバイスアセンブリ時の位置基準形成用にも両支持部を活用できる。

- また、本発明の光路変換デバイスは、光透過部が、光の進行に対して略垂直な入射面と出射面とを有し、入射面へ略垂直に入射する光の光軸に対して光透過部の厚さが略対称に出射面に近づくにつれて階段状に増加する
- 15 るように変化することを特徴としている。

- これによれば、光路変換デバイスに入射する光束が発散光であったとしても、光束径の広がりぐあいに応じて光透過部の厚さが増加するように変化させられるので、入射部付近においては光透過部の厚さを薄くすることができる。したがって、必要以上に結晶材料部を使用することがなく、階
- 20 段状に厚さが変わり光の進行方向に並ぶ複数の領域に同一の電圧を与える場合には、印加電圧を低減することが可能となる。

また、厚さ変化する光透過部の電圧を印加する場所すべてに対して、光軸にほぼ垂直な電圧印加ができるので、電気光学効果による屈折率変化を最も効果的に得ることができる。

- 25 また、この発明は、光透過部が、光の進行方向に対して略垂直な入射面と出射面とを有し、入射面へ略垂直に入射する光の光軸に対して、光の進

行方向に垂直な方向の厚さを構成する表面のうち一方の電極形成面が出射面に近づくにつれて段階状に厚さが増加するように変化し、他方の電極形成面が段差のない平面として形成されることを特徴とする光路変換デバイスを提供するものである。

5      このように、光透過部が、階段状に厚さが増加し、かつ光透過部の一方の電極形成面を段差がない構造にすることで、第1支持部、第2支持部のうちいずれか一方を位置合わせ基準に用い、他方を階段構造階段状に厚さ変化する薄い光透過部の形成基準に用いることができ、それぞれの支持部材を効率的に活用できる。

10      また、この発明は、光透過部が、光の進行方向に対して略垂直な入射面と出射面とを有し、光透過部の光の進行方向に垂直な方向の厚さが、出射面に近づくにつれてテーパ状に増加するように変化することを特徴とする光路変換デバイスを提供するものである。

15      このように、光透過部の厚さをテーパ状に変化させることで、電気光学効果は最高の状態で得られないものの、発散光を入射させる場合は、テーパ状の結晶材料部を通る際の広がり方に合わせたテーパ形状構造にすることができ、デバイス中の光の進行方向のそれぞれの位置で最大限の変調度を得ることができる。

20      さらに、この発明の光透過部は、電圧を印加することにより電気光学効果を有する結晶材料で形成されることを特徴とし、第1電極層及び第2電極層は、それぞれ単体あるいは、物理的に分離された部位から構成されることを特徴とする。

25      また、第1支持部及び第2支持部を導電性材料で形成することで、両支持部に直接電圧印加することができるので、別に外部電極を設けずとも光路変換デバイスの屈折領域の屈折率変調が実現できる。

あるいは、第1支持部および第2支持部を少なくとも一つの貫通穴を有



する絶縁材料で形成する場合には、第1支持部の光透過部と接触しない表面上に第1外部電極を形成し、第2支持部の光透過部と接触しない表面上に第2外部電極を形成し、第1電極層と第1外部電極、第2電極層と第2外部電極とが、それぞれ貫通穴を通して導電接続されるように構成する。

5 これにより、第1および第2支持部には導電性のない材料を用いたとしても、光路変換ができ、特にデバイスの側面を金属製材料に接触させる必要がある場合に有効である。

また、この発明は、屈折領域を形成した光透過部を仮支持部材に貼り付ける工程と、光透過部の仮支持部材側とは反対側の表面を階段状の第1繰  
10 り返し構造に加工する工程と、第1電極層を第1繰り返し構造の上に形成する工程と、第1電極層に接触する表面を階段状の第2繰り返し構造に加工した第1支持部を第1接着層を介して第1及び第2繰り返し構造が接合するように該光透過部に貼り付ける工程と、仮支持部材を除去する工程  
15 と、光透過部の仮支持部材を除去した側の表面に階段状の第3繰り返し構造を形成する工程と、第2電極層を第3繰り返し構造上に形成する工程と、第2電極層に接触する表面を階段状の第4繰り返し構造に加工した第2支持部を、第2接着層を介して第3及び第4繰り返し構造が接合するように、光透過部に貼り付ける工程と、階段状のいずれかの繰り返し構造の端部をカッティング基準にして複数の構造体に切り分ける工程と、切り分け  
20 られた端面を研磨加工する工程とからなる光路変換デバイスの製造方法を提供するものである。

これによれば、両支持部と対向する表面が階段状構造の光透過部を持つ光路変換デバイスを効率よく製造することができる。

また、この発明は、屈折領域を形成した光透過部の平坦な表面上に第1  
25 電極層を形成する工程と、光透過部の平坦な表面を第1接着層を介して第1支持部に貼り付ける工程と、光透過部の第1支持部と接触しない表面を

複数の階段状構造の繰り返し構造に加工する工程と、繰り返し構造上に第 2 電極層を形成する工程と、階段状の繰り返し構造の繰り返し周期と同じ周期を持つ鋸歯状の繰り返し構造が光透過部に接触しない側の表面に形成された第 2 支持部を、第 2 接着層を介して光透過部の第 2 電極層が形成された表面に貼り付ける工程と、第 2 支持部の鋸歯状の繰り返し構造の端部をカッティング基準にして、複数の構造体に切り分ける工程とを含む光路変換デバイスの製造方法を提供するものである。

これによれば、一方の表面が階段状形状で、他方の表面が平坦な構造の光透過部を持つ光路変換デバイスを効率よく製造することができる。

10 さらに、この発明は、屈折領域を形成した光透過部の平坦な表面上に第 1 電極層を形成する工程と、光透過部の平坦な表面を第 1 接着層を介して第 1 支持部に貼り付ける工程と、光透過部の第 1 支持部と接触しない表面を複数のテーパ状の繰り返し構造に加工する工程と、テーパ状の繰り返し構造の上に第 2 電極層を形成する工程と、該テーパ状の繰り返し周期と同じ周期を持つ鋸歯状の繰り返し構造が光透過部に接触しない側の表面に形成された第 2 支持部を、第 2 接着層を介して光透過部の第 2 電極層が形成された表面に貼り付ける工程と、第 2 支持部の鋸歯状の繰り返し構造の端部をカッティング基準にして、複数の構造体に切り分ける工程とを含む光路変換デバイスの製造方法を提供するものである。

20 これによれば、テーパ状構造の光透過部を持つ光路変換デバイスを効率よく製造することができる。

#### 図面の簡単な説明

- 図 1 は、実施例 1 の光路変換デバイスの構造図である。
- 25 図 2 は、実施例 1 の光路変換デバイスの平面図である。
- 図 3 は、実施例 1 の光路変換デバイスの断面図である。

図 4 は、実施例 1 の光路変換デバイスにおいて、電圧印加時の光の進路の説明図である。

図 5 は、実施例 1 の光路変換デバイスの製造方法の説明図である。

図 6 は、実施例 1 の光路変換デバイスの製造方法の説明図である。

5 図 7 は、実施例 2 の光路変換デバイスの構造図である。

図 8 は、実施例 2 の光路変換デバイスの製造方法の説明図である。

図 9 は、実施例 3 の光路変換デバイスの構造図である。

図 10 は、実施例 3 の光路変換デバイスの製造方法の説明図である。

図 11 は、光路変換デバイスの出射光の進路の説明図である。

10 図 12 は、光路変換デバイスの入射面を曲面とした場合の説明図である。

図 13 は、従来の光路変換デバイスの斜視図である。

図 14 は、従来の光路変換デバイスの斜視図である。

## 15 発明の実施するための最良の形態

以下、図面に示す実施の形態に基づいてこの発明を詳述する。なお、これによってこの発明が限定されるものではない。

また、以下の実施例では、入射された光の光路を変換する部材である光透過部を、「結晶材料部」と呼ぶ。

20

### (実施例 1)

#### <デバイスの構成>

まず、図 1 (a)、(b) を用いて本発明の一つの実施形態について説明する。図 1 (a) は、光路変換デバイス 101 の側面図、また、図 1 (b) は、光路変換デバイス 101 の結晶材料部 1 より下の部分を図示した斜視図である。

25

図 1 (a) において、本発明の光路変換デバイス 101 は、結晶材料部 1、第 1 支持部材 2、第 2 支持部材 3、第 1 電極層 4 a, 4 b, 4 c、第 2 電極層 5 a, 5 b, 5 c、第 1 接着層 6、第 2 接着層 7 の各要素から構成される。第 1 支持部材 2 と第 2 支持部材 3 が導電性材料の場合、第 1 支持部材 2 の上面、第 2 支持部材 3 の下面との間には、屈折率変調のための電圧 V が印加される。

結晶材料部 1 は、表面と裏面が階段状の対称的な面として形成される。第 1 支持部材 2 と第 2 支持部材 3 とは結晶材料部 1 の表面と裏面に対応して接合可能な表面を持ち、それぞれ第 1 接着層 6、第 2 接着層 7 を介して結晶材料層 1 と結合される。

また、第 1 電極層 4 a ~ 4 c は、結晶材料部 1 と第 1 支持部材 2 との間の階段状表面にそれぞれ配置され、第 2 電極層 5 a ~ 5 c は、結晶材料部 1 と第 2 支持部材 3 との間の階段状表面にそれぞれ配置される。すなわち、第 1 および第 2 電極層は、それぞれ物理的に分離された複数の部位から構成される。

このような光路変換デバイス 101 に対して、発散光は図 1 (a) の左側の側面から入射され、図 1 (a) の右側の側面から出射される。結晶材料部 1 に入射された光は発散するように紙面の左から右方向に進行する。図 1 (a) の線分 A 1 と A 2 で示された範囲内が光束を示している。

第 1 電極層 4 a ~ 4 c、第 2 電極層 5 a ~ 5 c は、階段状に厚さが変化する第 1 支持部材 2、第 2 支持部材 3 に対して第 1 接着層 6、第 2 接着層 7 を介して第 1 電極層 4 a ~ 4 c、第 2 電極層 5 a ~ 5 c の未形成部を埋めるようにして取り付けられている。ここで、第 1 支持部材 2 は、結晶材料部 1 の位置の光路変換デバイス 101 自体での位置基準となる。さらに、光路変換デバイス 101 をアセンブリするときの位置基準ともなる。

第 2 支持部材 3 は、薄い結晶材料部 1 が歪むことで、結晶材料部 1 での

電気光学効果特性が変化することを防ぐためのものである。つまり、結晶材料部 1 の厚さを薄くするほど、第 1 支持部材 2 単体の支持だけでは、両者の線膨張係数の違いなどにより結晶材料部 1 に歪みが発生しやすくなるので、第 1 支持部材 2 の対向面に第 2 支持部材 3 を形成することで、結晶材料部 1 の上下での歪の発生要因となる力のバランスずれを緩和し、結果として結晶材料部 1 での歪みの発生を防ぐことができる。

結晶材料部 1 は、電気光学効果を有する結晶材料（例えば、 $\text{LiNbO}_3$  や  $\text{LiTaO}_3$  など）で構成される。結晶材料部 1 には、電圧を印加することによって屈折率制御可能な屈折領域群 8 a ~ 8 c（図では一つの図形で表現しているが、それぞれの屈折領域群は複数のレンズ形の部分と複数の三角プリズム部分からなる）が図 1（b）に示すように複数個形成されている。各領域群のレンズ形の部分は波面変換用で、三角プリズム形の部分は角度変調用である。

屈折領域群 8 a ~ 8 c が形成された各階段状表面において、たとえば図 1（a）の紙面の左右方向の長さ L は、 $700\text{ }\mu\text{m}$  程度である。

また、屈折領域群 8 a の紙面の上下方向の厚さ  $W1 = 70\text{ }\mu\text{m}$ 、領域群 8 b の厚さ  $W2 = 140\text{ }\mu\text{m}$ 、領域群 8 c の厚さ  $W3 = 200\text{ }\mu\text{m}$  程度である。

この屈折領域群 8 a ~ 8 c は、プロトン交換法でレンズ形あるいは三角プリズム型等の形状に結晶材料部 1 の表面にイオン拡散領域を形成した後、結晶材料部の両面に数  $10\text{ kV}$  の電圧を電解液中で印加することによってドメイン反転（分極が逆転する）構造を部分的に生じさせて形成され、結晶材料部 1 の厚さ方向すなわち図の y 方向に一様な構造である。

さらにこれらの屈折領域群は長さが  $100\text{ }\mu\text{m}$  未満まで小さいものが複数形成できるので、光はこの多数の屈折領域群を通過でき、光路変換デバイス 101 では、バルクデバイスでありながら大きな角度変調効果が得

られる。

図2に、図1に示した結晶材料部1を上方から見た平面図を示す。

屈折領域群8a, 8b, 8cのそれぞれに対して、レンズ形状のイオン  
拡散領域(8a-1, 8b-1, 8c-1)と、三角プリズム形状のイオ  
ン拡散領域(8a-2, 8b-2, 8c-2)が形成され、イオン拡散領  
域の大きさは入射側ほど小さく、出射側にいくに従って大きくする。

また、点線で示した領域は、電極層(4a, 4b, 4c)が存在する領  
域を示しており、この領域がドメイン反転領域となる。

本実施例1では、光路変換デバイス中を通過する発散光に対して、光路  
変換デバイス中の同じ面積の屈折領域で同じ屈折効果を得るための駆動  
電圧が最小になるように、結晶材料部の厚さ変化の手段の一つとして、図  
1(a)のように厚さが階段状に光軸対称な変化をするように作られてい  
る。この結果、結晶材料部1の厚さは光束の幅(A1~A2)に応じて無  
駄な厚い部分が相対的に減ることになる。

この階段構造のメリットは、全ての電圧印加箇所で結晶材料部1に対し  
て光軸にほぼ垂直な電圧印加ができ、電圧印加の面では最も効果的に電気  
光学効果による屈折率変化を得ることができることである。また、光軸に  
対して対称な構造は、結晶材料部1の中を損失なく光を通過させるのにも  
有利である。

図1(b)に示した光の入射面9a、出射面9bは、結晶材料部1、第  
1支持部材2、第2支持部材3、第1電極層4a~4c、第2電極層5a~5  
c、第1接着層6、第2接着層7で構成される積層構造体の積層方向に略垂  
直な面の研磨面として形成される。なお、光路変換デバイス101での光  
の透過率を高めるために、この入射面9a、出射面9bに反射防止膜をつ  
けてもよい。

### <電圧印加方法>

次に、この光路変換デバイスへの電圧印加方法について説明する。

図1(a)は、第1支持部材2と第2支持部材3とが導電性材料の場合の電圧印加方法を示している。導電性材料としては、たとえば、金属粒子混入型の導電性エポキシ樹脂や酸化銀混入型の有機銀系の導電性樹脂や、導電性めっきを施した鉄系材料などを用いることができる。

第1支持部材2、第2支持部材3が導電性材料の場合は、この第1支持部材2、第2支持部材3が外部電極となり、この両支持部材に図1(a)のように直接電圧Vを印加する。結果として、別に外部電極を設けずとも光路変換デバイス101の屈折領域8a~8cの屈折率変調が実現できる。

この場合には、屈折領域群8a~8cの各電極間に印加される電圧Vが同じであるため、各領域群の厚さに応じて電界が変化する。たとえば、他と比べて屈折領域の厚さが薄い屈折領域群8aの電界強度が最も高くなる。

次に、図3に、第1支持部材2、第2支持部材3が導電性材料でない場合の電極構成を示す。

この場合は、図3の光路変換デバイス201に示すように、第1支持部材2、第3支持部材3の内部に、それぞれコンタクトホール10a~10c、10d~10fを形成し、コンタクトホール10a~10f内に導電性材料(金属粒子混入型の導電性エポキシ樹脂や酸化銀混入型の有機銀系の導電性樹脂など)を充填する。

また、第1支持部材2および第2支持部材3の結晶材料部1との接触面と異なる表面上に、それぞれ外部電極11a、11bを設ける。外部電極11a、11bには、Al電極などを用いる。

コンタクトホール10a、10b、10cの導電性材料を介して、この外部電極11aと各第1電極層4a、4b、4cとが電氣的に接続される

また、コンタクトホール 10 d, 10 e, 10 f の導電性材料を介して、外部電極 11 b と第 2 電極層 5 a, 5 b, 5 c とが電氣的に接続される。

- 5 外部電極 11 a と 11 b の間に電圧 V を印加することにより、各屈折領域 8 a, 8 b, 8 c にこの電圧が印加されることになり、屈折率変調をすることができる。

この電圧印加方法は、電圧印加による電流のリークなどを気にしなくてもよいので、光路変換デバイスの側面を金属製の部材に接触させる必要がある場合に有効である。

- 10 なお、図 3 では、コンタクトホール 10 a ~ 10 c 及び 10 d ~ 10 f をそれぞれ単一の外部電極 11 a 及び 11 b に集約した構成となっているが、個々に電極を引き出し、該個々の電極に対して異なる電圧を印加する構成であってもよい。これによれば、屈折領域群 8 a ~ 8 c の各電極間  
15 に発生する電界を一定とすることができる。

ここで、光路変換デバイス 201 で外部電極 11 a, 11 b の配置場所、形成方法について大きな制約はないが、光路変換デバイス 201 のアセンブリ面側に外部電極が形成される場合、図 2 のようにアセンブリ面側に設けられた溝部 12 に外部電極 11 b が入り込む構造にするのが、アセン  
20 ブリ面を平坦にする点や、電極部が入り込み金属面でも配置できる点などの優位性からアセンブリ時にはより好ましい構造になる。

図 4 に、実施例 1 における電圧印加時の光の通過経路の概略図を示す。

図 4 は、図 1 (b) の構成を上方から見た図である。

- 25 電極 4 a から 4 c について、それぞれに同じ電圧 V をかけると、ドメイン反転を起こしたところは周囲と大きさが同じで反対の屈折率変化  $\Delta n$  を示し、 $n_n(V) = n_e - \Delta n$ 、 $n_r(V) = n_e + \Delta n$  となる。ここで、 $n_e$  は電圧 0 V のとき



の屈折率である。また、 $n_n$ は屈折領域外の屈折率、 $n_r$ は屈折領域内の屈折率である。この結果、発散光は図のように屈折領域 8 a ~ 8 c に対して x z 平面の方向ベクトル（図中矢印で記載）を持って屈折される。例えばここで、結晶材料部 1 が薄いほど同じ電圧 V に対して屈折率変化は相対的に  
5 大きいので、光偏向機能を示す三角プリズム型の屈折領域での屈折角は、図 4 の入射側の屈折領域からそれぞれの屈折角を  $\phi_a$ 、 $\phi_b$ 、 $\phi_c$ （図示せず）とすると、 $\phi_a > \phi_b > \phi_c$  の関係になり、結晶材料部が薄いほど同じ印加電圧 V に対して相対的に大きく曲がる。すなわち、屈折領域 8 a が最も大きく曲がり、領域 8 c が最も曲がり方が小さい。

10

#### <製造方法>

次に、図 1 に示した光路変換デバイス 101 の製造工程を説明する。

図 5 および図 6 に、この発明の実施例 1 の光路変換デバイスの製造工程図を示す。ただし、図 5、図 6 では、説明を簡単化するために、第 1 電極  
15 層 4 および第 2 電極層 5 の未形成部分の第 1 接着層 6 および第 2 接着層 7 は省略している。

#### 工程 1 : (図 5 (a))

まず、前記したような方法で屈折領域群 8 が形成された結晶材料部 1 を、強度補償用の仮支持部材 50 の上に固定する。

20 ここでの強度補償とは、結晶材料部 1 を階段状に加工する際に結晶材料部 1 に歪みが発生しないよう保護することを意味する。仮支持部材 50 の材料としては、たとえば Al 板のような金属板を用いることができる。

#### 工程 2 : (図 5 (b))

次に、結晶材料部 1 の露出した表面 51 を階段状 (13 a, 13 b, 1  
25 3 c) に加工する。たとえば、予め、図 5 (b) の階段状表面の形状と反対の階段状形状を持つ研磨治具を作成しておき、この治具を段差形成方向

と垂直方向にスライドすることにより表面 5 1 を研磨加工し、複数の階段状表面を同時に形成する。あるいは、高精度の送り機構を有する研磨治具を用い、研磨位置を移動させながら研磨することにより、階段状表面 (1 3 a, 1 3 b, 1 3 c) を一段ずつ研磨してもよい。研磨の深さは研磨時間を変えることにより調整すればよい。

この工程により、図 1 (b) に示したような屈折領域群 8 a ~ 8 c が形成される。階段状表面 1 3 a と 1 3 b の段差、および 1 3 b と 1 3 c の段差は 3 0 から 5 0  $\mu$ m 程度である。

なお、図 5 (b) では、階段形状は 3 段 (1 3 a, 1 3 b, 1 3 c) の繰り返しとして図示しているが、段数はこれに限るものではなく、光路変換デバイスに要求される仕様により、より多くの段数としてもよい。

#### 工程 3 : (図 6 (a))

ここでは、まず、階段状表面 (1 3 a, 1 3 b, 1 3 c) の上に、第 1 電極層 4 (4 a, 4 b, 4 c) を形成する。この第 1 電極層 4 が形成された部分が、屈折領域群 8 の中のドメイン反転領域となる。

第 1 電極層 4 の材料としては、たとえば A 1 などを用いることができる。また、第 1 電極層 4 の形成は、たとえばフォトリソグラフィーで、所望の電極形状のマスクを利用して電極形状を形成し、不要部分をリフトオフすることなどにより行えばよい。

次に、第 1 電極層 4 が形成された階段状表面の構造上に、第 1 接着層 6 (図では省略) としてアクリル系の接着剤を塗布し、この構造と第 1 支持部材 2 とを互いの表面が密接係合するように接着する。

なお、第 1 支持部材 2 の一方の表面は、予め階段面 (1 3 a, 1 3 b, 1 3 c) の形状の反対の形状に研磨加工しておく。

#### 25 工程 4 : (図 6 (b))

ここでは、仮支持部材 5 0 を除去し、工程 2 と同様の方法を用いて、結

晶材料部 1 の他方の表面 5 2 に、階段面 (1 3 a, 1 3 b, 1 3 c) と同様の繰り返し階段面 (5 4 a, 5 4 b, 5 4 c) を形成する。

このとき、階段面 1 3 a と 5 4 a、1 3 b と 5 4 b、1 3 c と 5 4 c とが垂直方向に対応するように、第 1 支持部材 2 を加工の位置基準として固定し、表面 5 2 を研磨加工する。

工程 5 : (図 6 (c))

ここでは、工程 3 で形成した第 1 電極層 (4 a, 4 b, 4 c) と垂直方向に対応する位置の階段状表面 (5 4 a, 5 4 b, 5 4 c) に、工程 3 と同様の方法で、第 2 電極 (5 a, 5 b, 5 c) を形成する。

10 次に、予め階段状表面 (5 4 a, 5 4 b, 5 4 c) と係合する形状に加工した表面を持つ第 2 支持部材 3 を、第 2 接着層 7 を介して、結晶材料部 1 に接着する。

以上の工程により、図 6 (c) に示すような積層構造体が連続して複数個形成された光路変換デバイス 1 0 1 が形成される。

15 さらに、図 1 (a) に示すように、階段状の繰り返し構造の一単位を 3 段の階段形状構造とするために、繰り返し階段形状の積層構造体を、階段状の繰り返し構造の端部をカッティング基準として、カッティングする。これにより、複数の光路変換デバイス 1 0 1 が分離される。

また、カッティングされた構造体の左右の端面を研磨すれば、図 1 (b)  
20 ) の入射面 9 a と出射面 9 b が形成される。

さらに、積層構造体の入射面および出射面に対して垂直な方向で図 6 (c) の紙面の手前の側面と奥の側面となる幅方向を、所定の大きさにカッティングすれば、図 1 (a) に示したような光路変換デバイス 1 0 1 が完成する。

25 この製造手順により、光軸対称に階段状構造を持つ結晶材料部 1 を有する光路変換デバイス 1 0 1 が、複数個同時に、結晶材料部 1 自体に不連続

部を形成することなく製造できる。

(実施例 2)

<デバイスの構成>

5 図 7 (a), (b) に、本発明の実施例 2 の光路変換デバイスの構造図を示す。

図 7 (a) はその側方断面図であり、図 7 (b) は上部の第 1 支持部材 2 2 を除いた斜視図である。

実施例 2 の光路変換デバイス 1 0 2 は、結晶材料部 2 1, 第 1 支持部材 2 2, 第 2 支持部材 2 3, 第 1 電極層 2 4, 第 2 電極層 2 5 (2 5 a, 2 5 b, 2 5 c), 第 1 接着層 2 6 および第 2 接着層 2 7 からなる。

実施例 2 では、結晶材料部 2 1 の片側表面のみが階段状であり、厚さが変化する構造となっている。他方の表面は段差のない平坦面である。また、図 7 (b) に示すように、図 1 (b) に示したのと同様な屈折領域群 2 8 a, 2 8 b, 2 8 c が形成されている。

この結晶材料部 2 1 には、平坦な側に単体の第 1 電極層 2 4 が形成され、階段状になった側に 3 つの部位に分離された第 2 電極層 2 5 (2 5 a, 2 5 b, 2 5 c) が形成されている。結晶材料部 2 1 の第 1 電極層 2 4 側には、階段形状形成時の加工基準面 2 9 a を持つ第 1 支持部材 2 2 が第 1 接着層 2 6 を介して貼り付けられる。

また、結晶材料部 2 1 の第 2 電極層 2 5 (2 5 a, 2 5 b, 2 5 c) 側には、光路変換デバイス 1 0 1 と同様に、薄い結晶材料部 2 1 に歪を発生させないのと同時に光路変換デバイス 1 0 2 のアセンブリ時の位置基準部 2 9 b も形成される第 2 支持部材 2 3 が、第 2 接着層 2 7 を介して、結晶材料部 2 1 に貼り付けられる。ここで、第 2 接着層 2 7 は、第 2 電極層 2 5 の隙間を埋めるように形成される。また、第 2 支持部材 2 3 の第 2 電

極層 2 5 側の面が結晶材料部 2 1 の階段構造に合わせた階段構造であつて、もう一方の面 2 9 b は位置基準として平坦である。

このような実施例 2 の構造の光路変換デバイスでも、実用上十分な光路変換機能を果たし、後述するように、製造工程を簡素化できる。

- 5      この実施例 2 の光路変換デバイス (1 0 2 , 2 0 2 ) の中において、図 7 に示すように、入射光は、基準面 2 9 a に対して所定の角度  $\theta$  だけ傾いた方向に進み、電圧を印加することにより進行方向が少しずつ曲げられて、光は結晶材料部 2 1 の階段状構造内をけられずに通過して出射面 2 9 d から出ていく。
- 10      従って、入射面 2 9 c や出射面 2 9 d も、光路変換デバイス (1 0 2 , 2 0 2 ) での光の透過率を最大にするために、入射光 B の中心線 O に対して垂直な端面として形成される。この結果、第 2 支持部材 2 3 の位置基準ともなる 2 9 b はこの入射面 2 9 c、出射面 2 9 d それぞれと直交面となるように形成される。
- 15      このような形状にすることで、第 2 支持部材 2 3 (あるいは 2 0) は、単に結晶材料部 2 1 の歪み防止のためだけのものではなく、結晶材料部中を斜めに光が通過する状態でのデバイスのアセンブリ時の光路変換デバイスの位置基準となることができ、その位置基準は結晶材料部 2 1 を通過する光の方向である中心線 O と独立して形成できる。
- 20      この構造にすれば、結晶材料部 2 1 の中を最も良い経路で光を通すという目的の面では光路変換デバイス 1 0 1 よりわずかに不利ではあるが、一方で、第 1 支持部材 2 1、第 2 支持部材 (2 3 , 2 0) のうちいずれか一方を位置合わせ基準に用い、他方を階段状に厚さが変化する薄い結晶材料部 2 1 の形成基準に用いることができ、それぞれの支持部材を柔軟かつ効率
- 25      的に活用できる。

<製造方法>

次に、図 8 に、この実施例 2 の光路変換デバイス 202 の製造方法を示す。この製造方法では、実施例 1 で用いた仮支持部材 50 が不要となる。すなわち、完成したデバイスでは利用しない部材を予め作成しておく必要はなく、製造コストと労力を削減でき、この意味で効率的な製造ができる

5     。

まず、図 8 (a) において、両面がフラットな第 1 支持部材 22 と、図 5 (a) に示した結晶材料部 1 と同様な、屈折領域群 28 が形成された結晶材料部 21 とを用意する。

この結晶材料部 21 の一方の表面の全体に第 1 電極層 24 を形成する。

10    そして、この第 1 電極層 24 の上に第 1 接着層 26 を形成し、第 1 支持部材 22 の一方の平坦面と接着する。

次に、図 8 (b) に示すように、第 1 電極層 24 の形成されていない結晶材料部 21 の表面を階段形状に研磨加工する。この研磨加工は、実施例 1 と同様の方法で行なえばよい。図 8 (b) では、3 段構造の繰り返し表面構成 (28a, 28b, 28c) としているが、この段数に限るものではない。

次に、図 8 (b) で形成された段階構造 (28a, 28b, 28c) の上に、第 2 電極層 25d, 25e, 25f を、実施例 1 と同様の方法で形成する。

20    第 2 支持部材 20 は、後述するカッティングの基準となる鋸歯状の面と、平坦な面を有するものとして予め形成しておく。そして第 2 接着層 30 を介して図 8 (c) のように、階段状面 28a の端部と鋸歯状面の端部とが一致するように、光路変換デバイスのサイズに繰り返し周期を合わせた鋸歯状の面を有する第 2 支持部材 20 を取り付ける。

25    次に、鋸歯の繰り返し部分を基準に、図の破線方向にバー状にカッティングし、バー状のままカッティング面を入射面 29c、及び出射面 29d

として研磨する。最後に、このバーを研磨面に垂直な方向にもカッティングして光路変換デバイス 202 が製造できる。

この製造手順で作成することで、実施例 1 に比べて、光路変換デバイスを効率良く作製できる。

5

### (実施例 3)

ここでは、結晶材料部の厚さが、入射側から出射側にかけて、いわゆるテーパ状に変化する光路変換デバイスについて説明する。

図 9 (a), (b) に、実施例 3 の光路変換デバイスの断面図および第 10 1 支持部材 32 を除いた部分の斜視図を示す。

図 9 (a) において、結晶材料部 31 の入射面 39c 側の紙面の上下方向の長さは  $70\text{ }\mu\text{m}$ 、出射面側 39d の紙面の上下方向の長さは  $200\text{ }\mu\text{m}$  とし、結晶材料部 31 の第 1 支持部材 32 および第 2 支持部材 33 と対向する面は、いずれも平坦な面として形成される。

15 また、結晶材料部 31 の内部には、前実施例と同様な屈折領域群 38 が形成される。

また、結晶材料部 31 の屈折領域群 38 を覆うように一方の面には第 1 電極層 34、それと反対の面側に第 2 電極層 35 が形成される。第 1 支持部材 32 はこの電極層 34 側に第 1 接着層 36 を介して接着され、第 2 支持部材 33 は第 2 電極層 35 側に第 2 接着層 37 を介して接着される。

ここで光路変換デバイス 103 へ入射させる光 C は、デバイス中の結晶材料部 31 を最もロスなく通過させるために、発散光 C の光軸がテーパ形状の中心線 M に一致するように入射させる。従って、デバイスの入射面 39c、出射面 39d もこの中心線 M に略垂直になるように形成することが  
25 好ましい。

また、実施例 1 と同じように、第 2 支持部材 33 は位置基準形成にも利

用できる。ここで第2支持部材33の第2電極層37に接しない側の面39bは中心線Mに平行に形成する。この面39bは、実施例3の光路変換デバイス103をアセンブリする際の位置基準となる。

5 結晶材料部31はテーパ状であるので、第1電極層34と第2電極層35とは平行面とはなっていない。しかし、この結晶材料部31の中の発散光Cの進行方向のそれぞれの位置で最大限の変調度を得るようにするために、結晶材料部31のテーパ形状を、発散光Cの広がり方に対応させるように設計することが可能となる。

10 図10に、この実施例3の光路変換デバイスの製造方法について説明する。

まず、上面および下面が平坦である第1支持部材32と、屈折領域群38が形成されかつ平行な上面および下面を持つ結晶材料部31とを用意する。

15 図10(a)において、3つの屈折領域群38が形成された領域を1つの光路変換デバイスの単位とすると、図10(a)のデバイスの1単位ごとに、結晶材料部31の一方の表面に、第1電極層34を形成する。すなわち、デバイスの1単位の境界部分には、第1接着層36を形成するための隙間領域ができるように、第1電極層34を形成する。

20 そして、図10(a)に示すように、第1電極層34を形成した結晶材料部31と、第1支持部材32とを、第1接着層36を介して接着する。

次に、図10(b)に示すように、第1電極層34の形成されていない方の結晶材料部31の面を、第1支持部材32の面39aを加工基準として、テーパ状に加工する。ここで、結晶材料部31のテーパ状表面形状は、図10(b)のように光路変換デバイス一つごとに、テーパ部が繰り返されるような構造となるように加工される。テーパ状の加工は、例えば  
25 テーパ状の研磨用のバイトなどを用いてテーパ形成方向と垂直にスライド



することにより行なえばよい。

次に、図 10 (c) に示すように、結晶材料部 31 の繰り返しテーパ構造を形成した面側に第 2 電極層 35 を形成した後、第 2 接着層 37 を介して第 2 支持部材を取り付ける。

- 5      ここで、第 2 支持部材 33 には、予め結晶材料部 31 のテーパ部の斜度とほぼ同じ斜度を持つテーパ部の繰り返し構造を第 2 電極層 35 と接する側の表面に形成し、かつその半分程度の斜度を持つテーパ部の繰り返し構造を第 2 電極層 35 と接しない側の表面に形成しておく。第 2 支持部材 33 のテーパ部の斜度を結晶材料部の半分にしているのは、第 2 支持部材の  
10    表面の斜度に垂直な面でカットिंगすることで、テーパ部に最も理想的な角度で光を入射させることができるようにするためである。

この場合には、図 10 (c) に示すように、第 2 支持部材 33 は、第 2 接着層 37 が第 2 電極層 35 の隙間を埋めるような形態で結晶材料部 31 に貼り付けられることになる。

- 15    次に、第 2 支持部材 33 の表面のテーパ構造繰り返し部分をカットिंग基準にして、図 10 (c) の破線に沿って、バー状にカットिंगする。

この後、このカットिंग面を光路変換デバイスの入射面 39 c、出射面 39 d とするために、バー状のまま研磨し、最後に、このバーを研磨面  
20    に垂直な方向にもカットिंगすると、光路変換デバイス 103 が完成する。

- この実施例 3 では、結晶材料部 31 をテーパ状表面を持つように形成しているので、光の進行方向の各位置において最大限の変調度を得ることができ、多数の光路変換デバイスを同時に比較的容易な方法で効率よく製造  
25    することができる。

(光路変換デバイスの機能)

次に、以上の３つの実施例の光路変換デバイスに共通な機能について説明する。

#### (A) 開口制限機能

- 5      開口制限機能とは、結晶材料部から出る出射光の出射領域を制限する機能をいう。

図１１に、図１に示した光路変換デバイスの出射光の出射部分を拡大した図を示す。ここで、符号７１が結晶材料部１，符号７２が第１支持部材２，符号７３が第２支持部材３，符号７４が第１電極層４ｃ，符号７５が  
10    第２電極層５ｃ，符号７６が第１接着層６，符号７７が第２接着層７に相当する。

図１１では、第１接着層７６と第２接着層７７が、結晶材料部７１を進行してきた発散光の広がりを抑制する開口制限部の役割を果たす。

- このために出射光は、第１接着層７６と第２接着層７７よりも上方向および下方向には広がって出射されない。  
15

このとき、開口制限されるべき不要光が、出射面に到達するまでに、結晶材料部７１と第１接着層７６との界面、結晶材料部７１と第１電極層７４との界面、あるいは結晶材料部７１と第２接着層７７との界面、結晶材料部７１と第２電極層７５との界面に当たる。ここで、前記の界面が単なる鏡面であれば、光は結晶材料部７１の中で再反射されて、光の出射端に  
20    到達してしまうことになり、これが迷光となる。

すなわち、開口制限機能を有することは、迷光の発生の可能性が高くなり、開口制限機能を付加する場合には、単に出射面を遮光するだけでは迷光の発生は抑えられない。

- 25      そこで、第１電極層７４、第２電極層７５、第１接着層７６、第２接着層７７にそれぞれ、光吸収性を持たせる。これにより、図１１に矢印で示

したような前記界面での反射を、結晶材料部との界面において低減することができ、結果として出射光に混入する迷光を低減することができる。これらの各層に光吸収性を持たせるためには、たとえば光の当たる面を黒体化すればよい。

5

### (B) 波面変換機能

波面変換機能とは、入射する発散光の広がり抑制する機能をいう。

実施例 1 の図 1 などに示したデバイスでは、光の入射面 9 a は平坦面となるように加工していたが、光路変換の角度変調の自由度を大きくするためには必ずしも平坦に加工する必要はない。

10

一般に、光路変換デバイスの中を透過する距離が長いほど、角度変調度は大きくなる。

そこで、角度変調度を大きくするように、光路変換デバイスが波面変換機能を持つように入射面 9 a を加工する。たとえば、図 1 2 に示すように、入射面 9 a を、曲面形状 (8 0) に加工すれば、デバイス内での光の伝播距離を長くすることができる。

15

図 1 2 は、実施例 2 の図 7 に示した光路変換デバイス 1 0 2 の入射面 2 9 c を曲面形状 (8 0) に加工したものを示している。

図 1 2 に示すように、光路がデバイス入射面で変えられることになるので、入射面に曲面形状 8 0 を設けることにより、光路変換デバイスの入射光の発散の度合い (発散角) を小さくすることができることがわかる。

20

このように発散角を小さくすれば、結晶材料部 8 1 において同じ厚さの 3 段の階段構造でも、その平坦部分の長さが長くなるので、光路変換デバイス内での光の伝搬距離を、入射面が単なる平面の場合よりも長くすることができる。つまり、光路変換デバイスを透過する間の角度変調度等を大きくすることができる。

25

(発明の効果)

この発明によれば、光の進行方向に対して厚さが異なり、かつ屈折領域を有する結晶材料部を備え、この結晶材料部を両側から挟みこむように2  
5 つの支持部材を接着させているので、結晶材料部の歪み防止と、デバイス製造のための位置基準を明確に形成でき、デバイスの複数個同時作成を容易かつ効率的に行なうことができる。

また、この発明によれば、結晶材料部の一方の表面を階段状に変化するように形成しているので、第1支持部材または第2支持部材をこのデバイス製造時の位置基準として用いることができ、光路変換デバイス製造時に  
10 おいて、仮支持部材を使用することなく容易に製造することができる。

また、この発明によれば、結晶材料部をテーパ形状としているので、より適切な入射光の屈折率変化を得ることができる。

さらに、結晶材料部に階段状形状やテーパ形状の繰り返し構造を形成し  
15 、第2支持部材に鋸歯状の繰り返し構造を形成することにより、複数の光路変換デバイスを同時に効率よく製造することが可能となる。

## 請 求 の 範 囲

1. 光の進行方向に対して垂直な方向に一様に電気光学効果を用いて光の屈折率を制御できるように複数の屈折領域が形成され、かつ光の進行方向に沿って厚さが変化する光透過部と、光透過部を挟みこむように、かつ少なくとも屈折領域の部分を覆うように形成された第1電極層及び第2電極層と、第1電極層の光透過部と接触しない側に第1接着層を介して密接配置される第1支持部と、第2電極層の光透過部と接触しない側に第2接着層を介して密接配置される第2支持部とを備えた光路変換デバイス。

2. 前記光透過部が、光の進行方向に対して略垂直な入射面と出射面とを有し、入射面へ略垂直に入射する光の光軸に対して光透過部の厚さが略対称に出射面に近づくにつれて階段状に増加するように変化する請求項1記載の光路変換デバイス。

3. 前記光透過部が、光の進行方向に対して略垂直な入射面と出射面とを有し、入射面へ略垂直に入射する光の光軸に対して、光の進行方向に垂直な方向の厚さを構成する表面のうち一方の電極形成面が出射面に近づくにつれて階段状に厚さが増加するように変化する、他方の電極形成面が段差のない平面として形成される請求項1記載の光路変換デバイス。

4. 前記光透過部が、光の進行方向に対して略垂直な入射面と出射面とを有し、光透過部の光の進行方向に垂直な方向の厚さが、出射面に近づくにつれてテーパ状に増加するように変化する請求項1記載の光路変換デバイス。

5. 前記光透過部は、電圧を印加することにより電気光学効果を有する結晶材料で形成される請求項1から4のいずれかに記載の光路変換デバイス。

ス。

6. 前記第1電極層及び第2電極層が、それぞれ単体あるいは、物理的に分離された部位から構成される請求項1から5のいずれかに記載の光路変換デバイス。

5 7. 前記第1支持部及び前記第2支持部が導電性材料で形成される請求項1から6のいずれかに記載の光路変換デバイス。

8. 前記第1支持部および前記第2支持部が少なくとも一つの貫通穴を有する絶縁材料で形成され、かつ第1支持部の光透過部と接触しない表面上に第1外部電極が形成され、第2支持部の光透過部と接触しない表

10 面上に第2外部電極が形成され、第1電極層と第1外部電極、第2電極層と第2外部電極とが、それぞれ貫通穴を通して導電接続されている請求項1から6のいずれかに記載の光路変換デバイス。

9. 屈折領域を形成した光透過部を仮支持部材に貼り付ける工程と、光透過部の仮支持部材側とは反対側の表面を階段状の第1繰返し構造

15 に加工する工程と、第1電極層を第1繰返し構造の上に形成する工程と、第1電極層に接触する表面を階段状の第2繰返し構造に加工した第1支持部を第1接着層を介して第1及び第2繰返し構造が接合するように該光透過部に貼り付ける工程と、仮支持部材を除去する工程と、光透過部の仮支持部材を除去した側の表面に階段状の第3繰返し構

20 造を形成する工程と、第2電極層を第3繰返し構造上に形成する工程と、第2電極層に接触する表面を階段状の第4繰返し構造に加工した第2支持部を、第2接着層を介して第3及び第4繰返し構造が接合するように、光透過部に貼り付ける工程と、階段状のいずれかの繰返し構造の端部をカッティング基準にして複数の構造体に切り分ける工程

25 と、切り分けられた端面を研磨加工する工程とからなる請求項2記載の光路変換デバイスの製造方法。

10 10. 屈折領域を形成した光透過部の平坦な表面上に第1電極層を形成する工程と、光透過部の平坦な表面を第1接着層を介して第1支持部に貼り付ける工程と、光透過部の第1支持部と接触しない表面を複数の階段状構造の繰り返し構造に加工する工程と、繰り返し構造上に第2電極層を形成する工程と、階段状の繰り返し構造の繰り返し周期と同じ周期を持つ鋸歯状の繰り返し構造が光透過部に接触しない側の表面に形成された第2支持部を、第2接着層を介して光透過部の第2電極層が形成された表面に貼り付ける工程と、第2支持部の鋸歯状の繰り返し構造の端部をカッティング基準にして、複数の構造体に切り分ける工程とを含む請求項3の光路変換デバイスの製造方法。

15 11. 屈折領域を形成した光透過部の平坦な表面上に第1電極層を形成する工程と、光透過部の平坦な表面を第1接着層を介して第1支持部に貼り付ける工程と、光透過部の第1支持部と接触しない表面を複数のテーパ状の繰り返し構造に加工する工程と、テーパ状の繰り返し構造の上に第2電極層を形成する工程と、該テーパ状の繰り返し周期と同じ周期を持つ鋸歯状の繰り返し構造が光透過部に接触しない側の表面に形成された第2支持部を、第2接着層を介して光透過部の第2電極層が形成された表面に貼り付ける工程と、第2支持部の鋸歯状の繰り返し構造の端部をカッティング基準にして、複数の構造体に切り分ける工程とを含む請求項4記載の光路変換デバイスの製造方法。

図 1

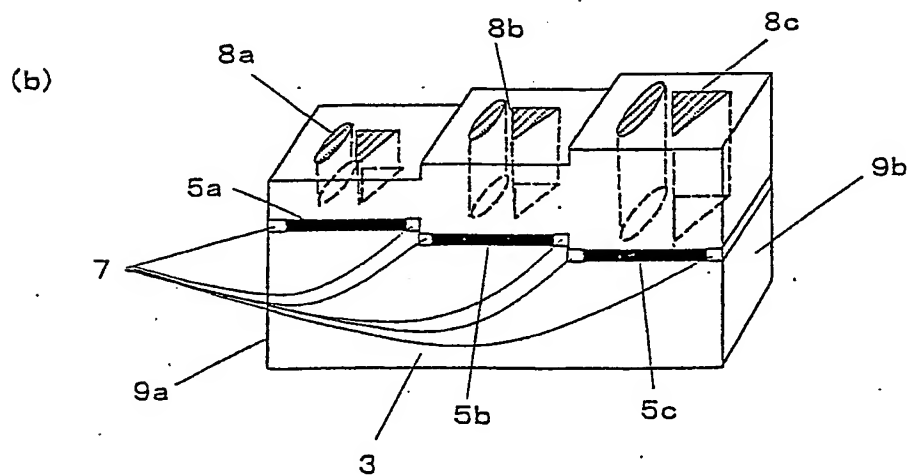
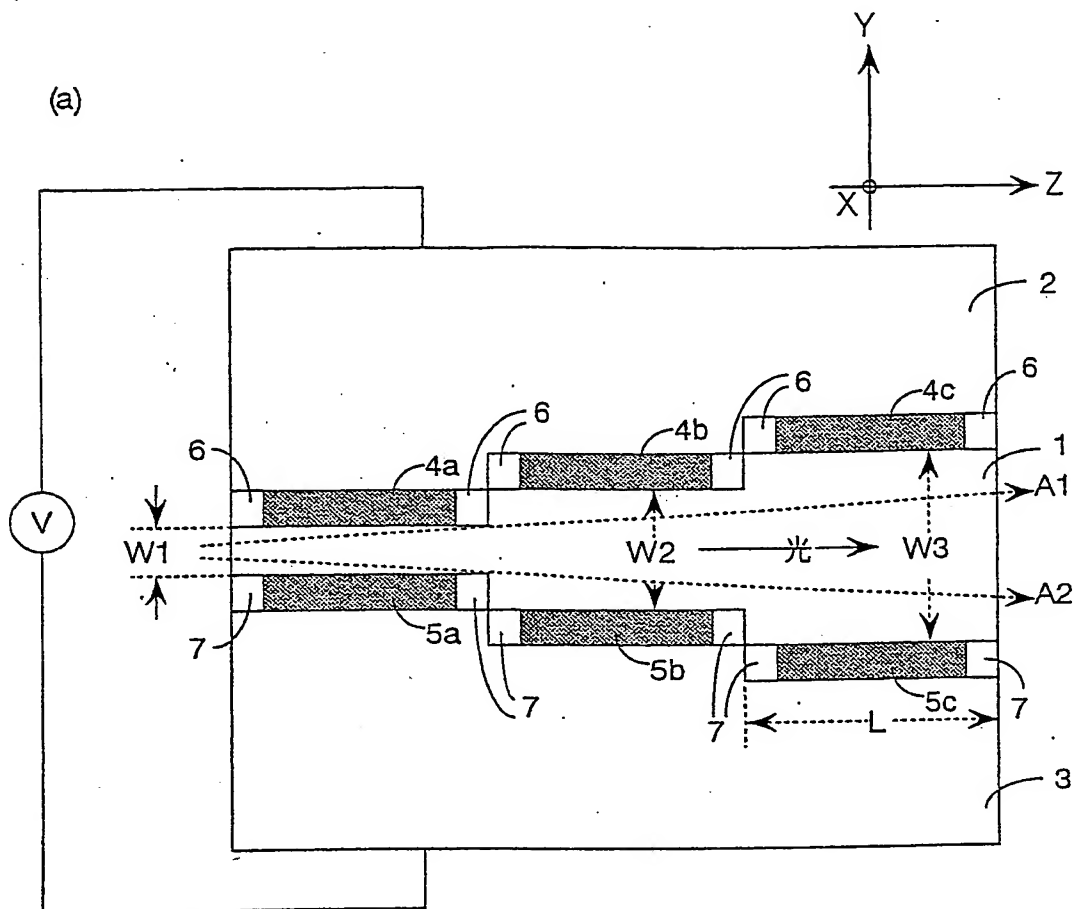




図 2

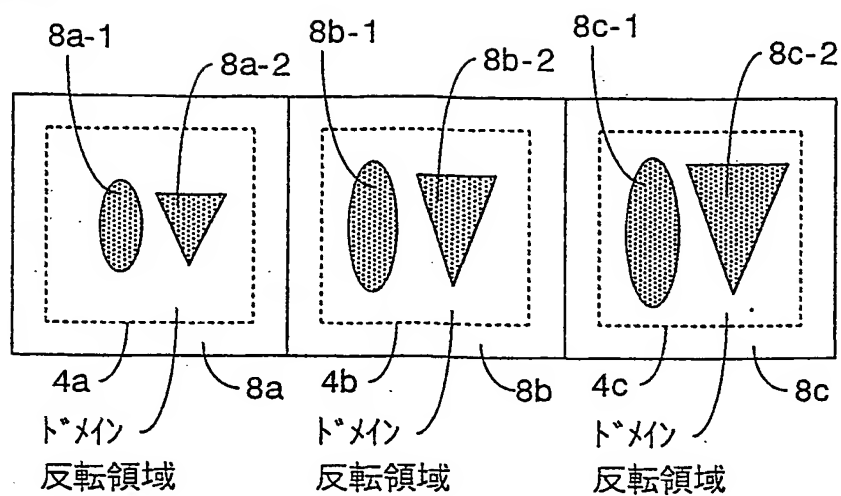


図 3

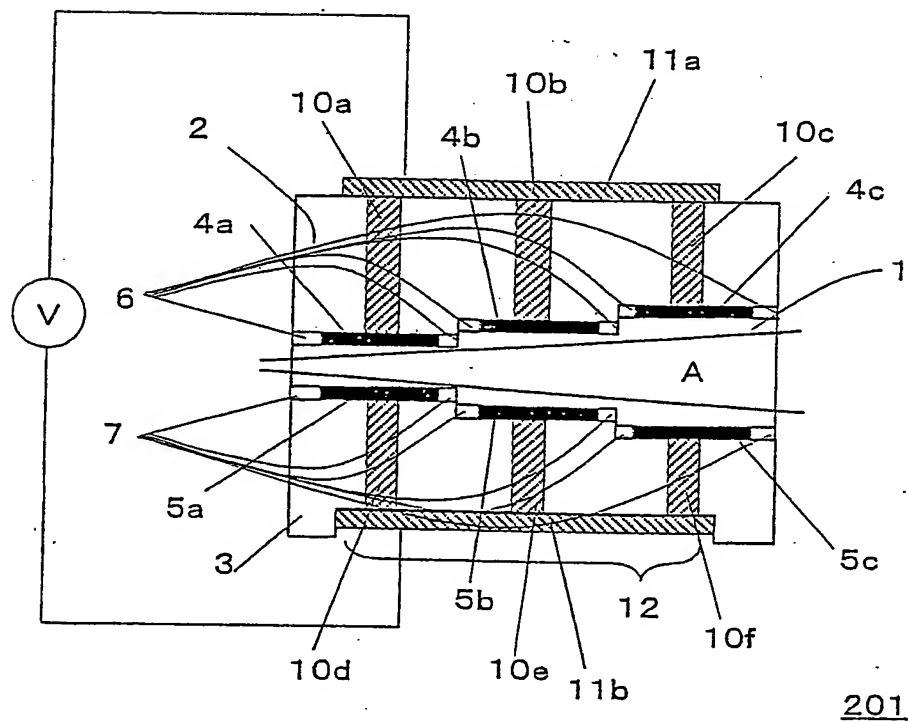


図 4

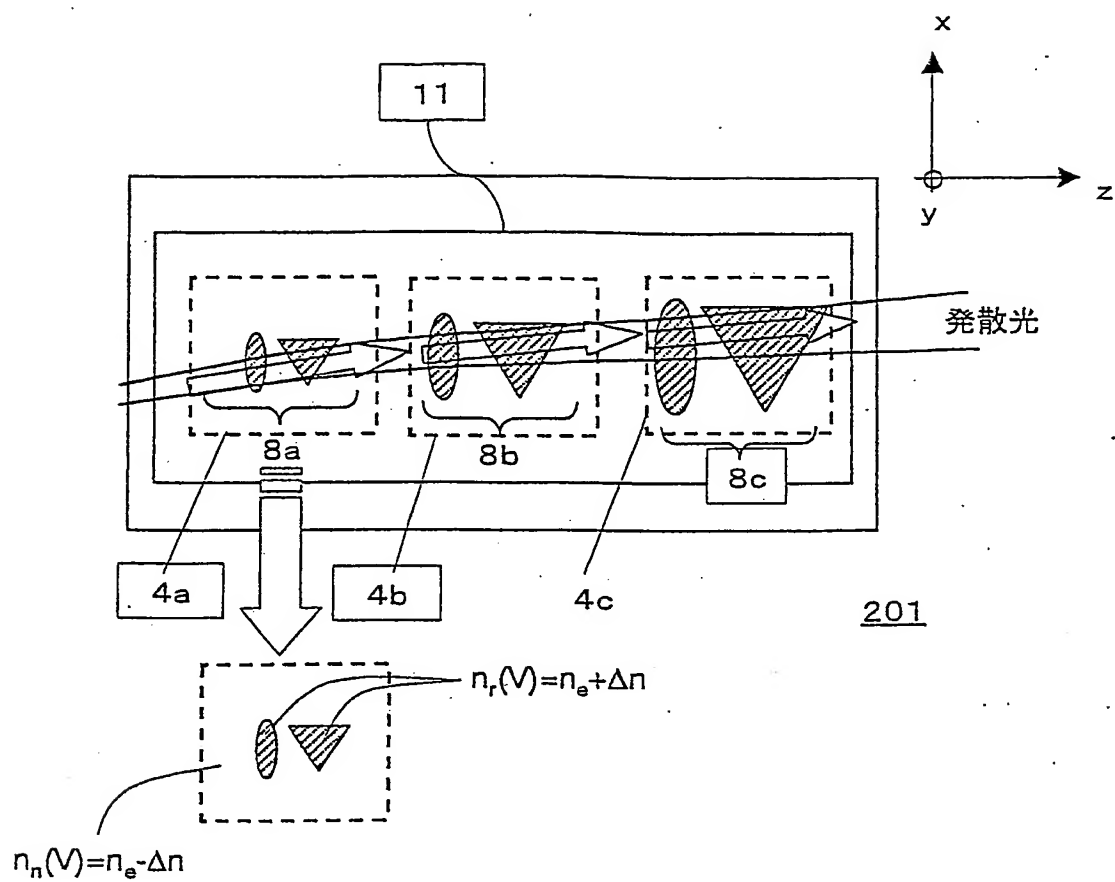
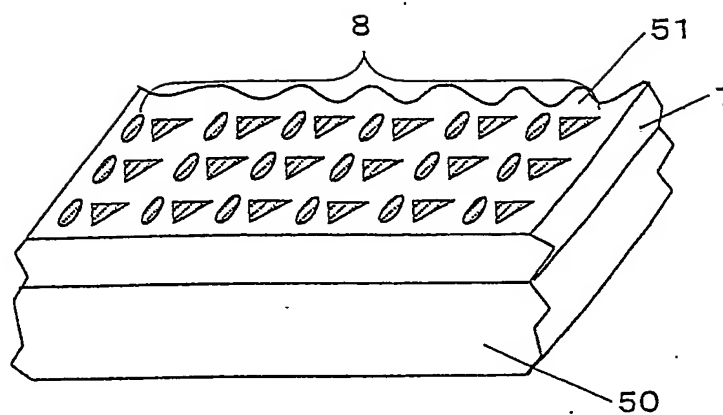


図 5

(a) 工程 1



(b) 工程 2

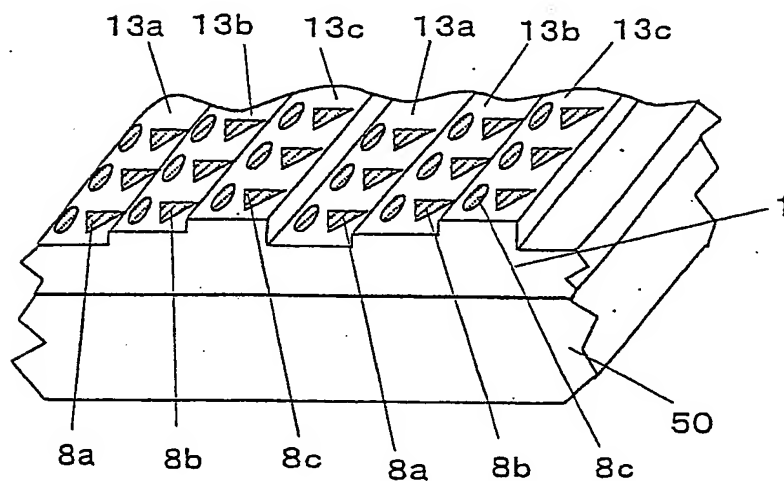
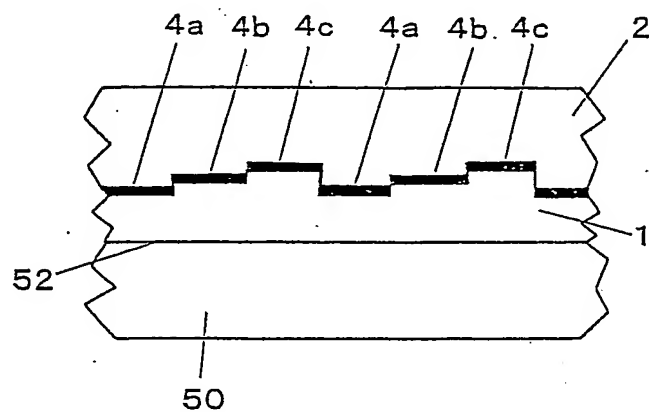
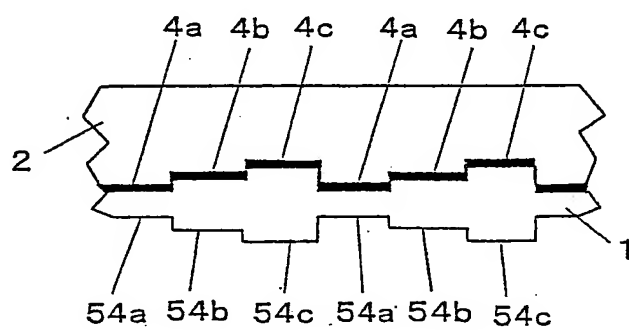


図 6

(a) 工程 3



(b) 工程 4



(c) 工程 5

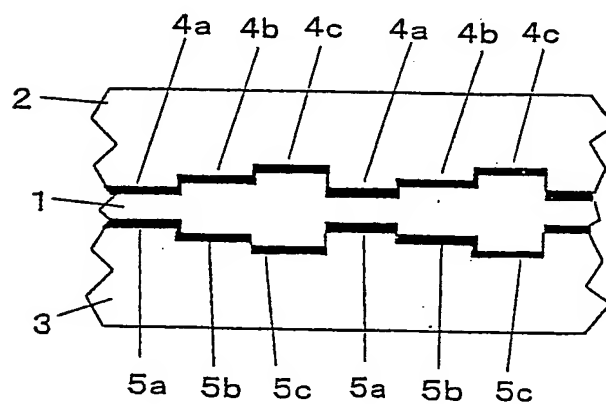
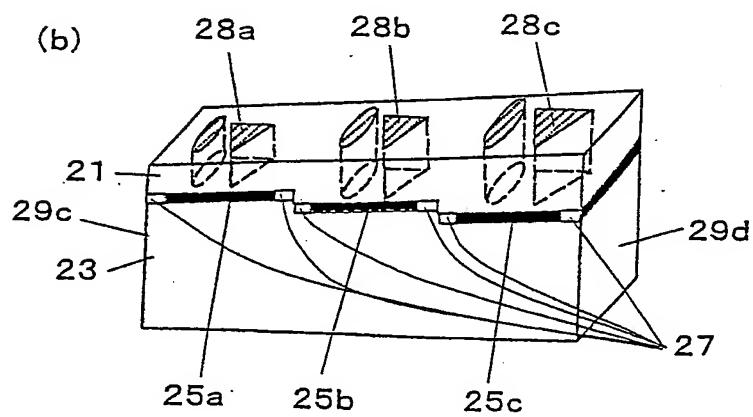
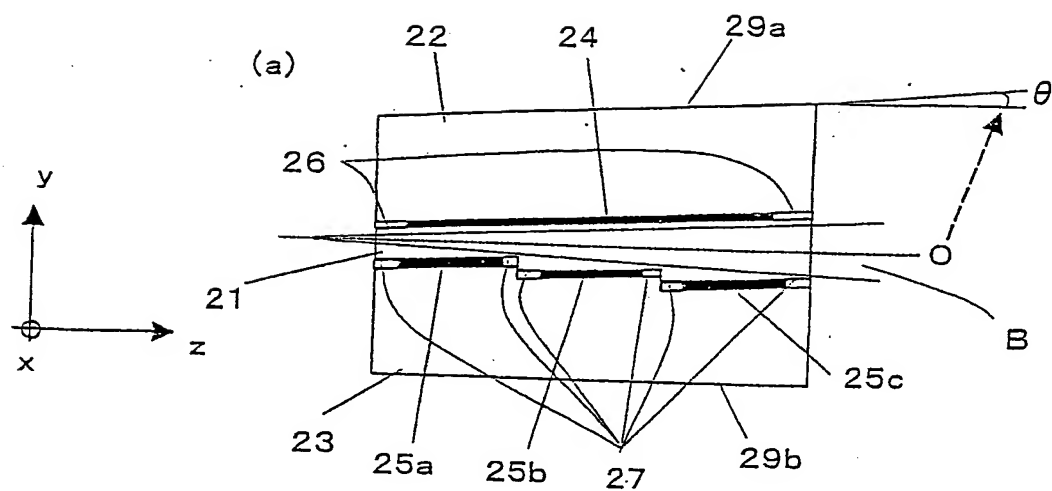


図 7



102

図 8

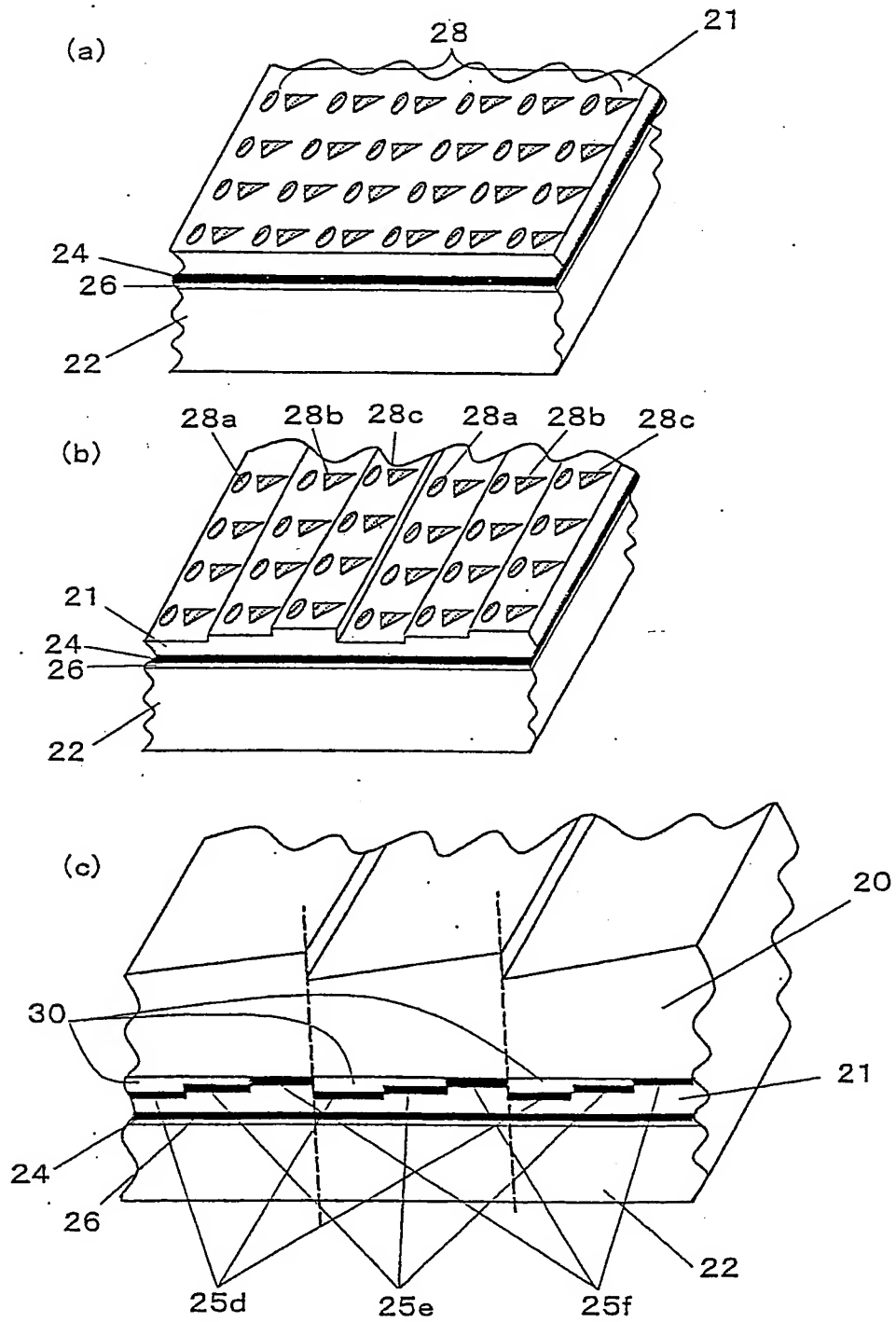


図 9

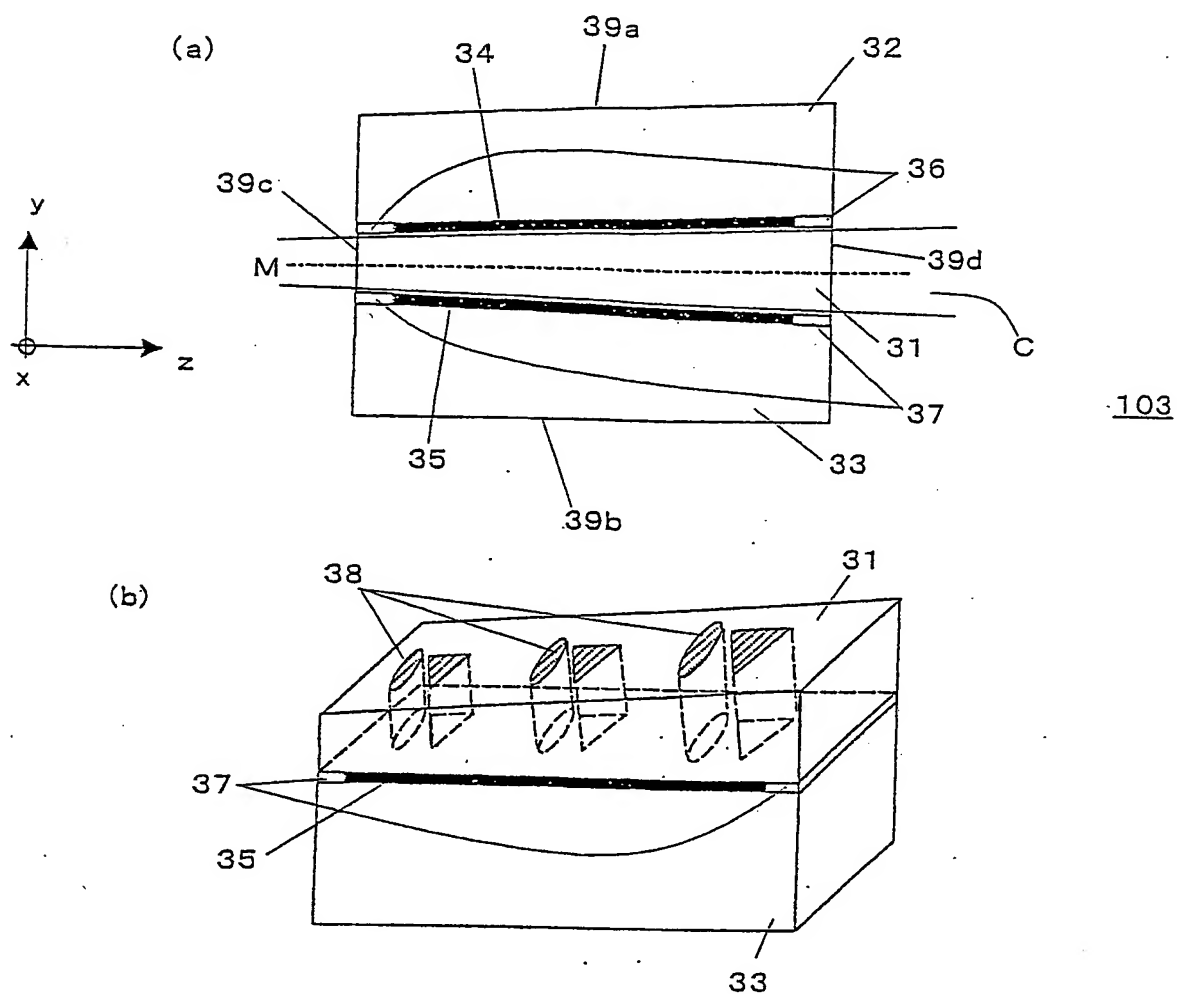


図 10

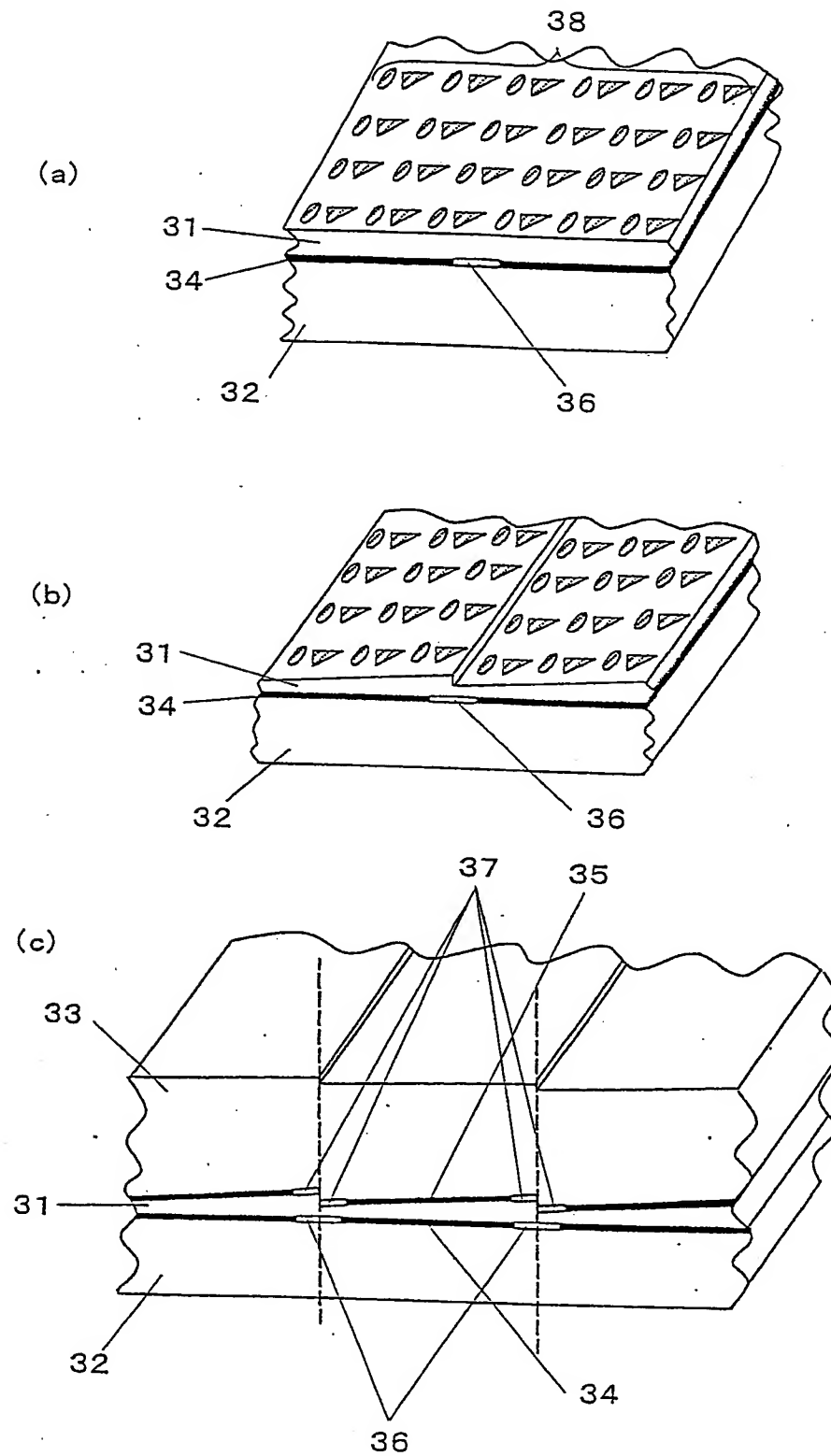




図 1 1

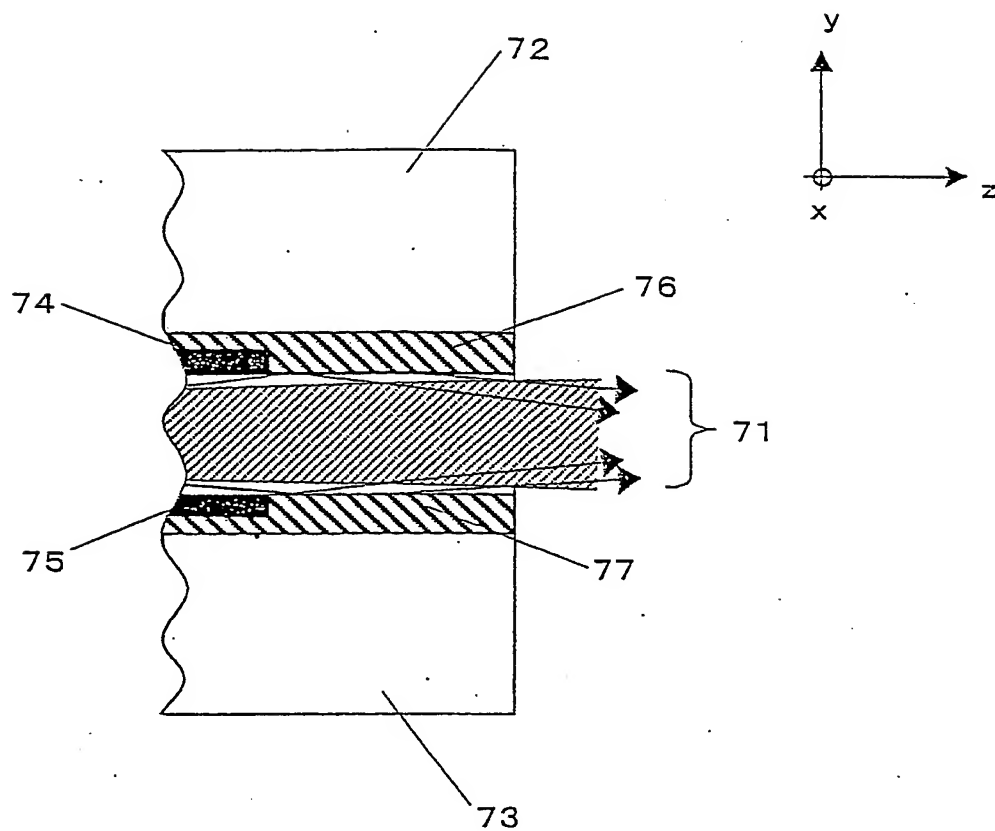
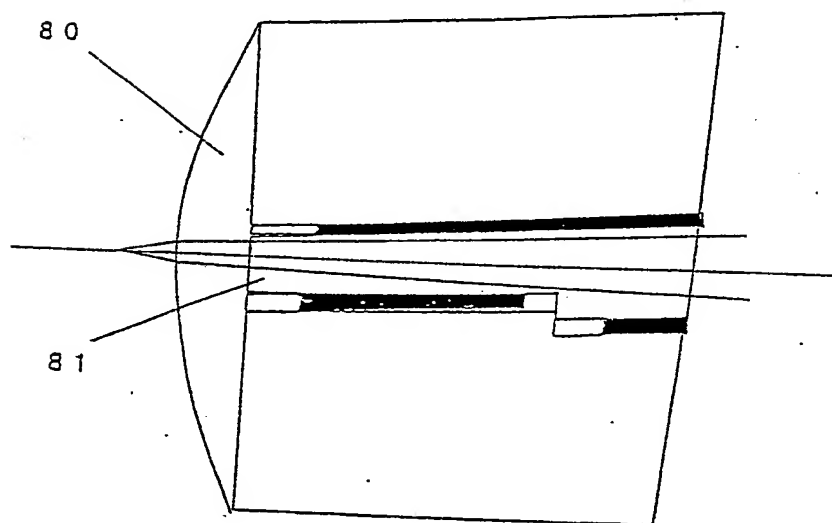
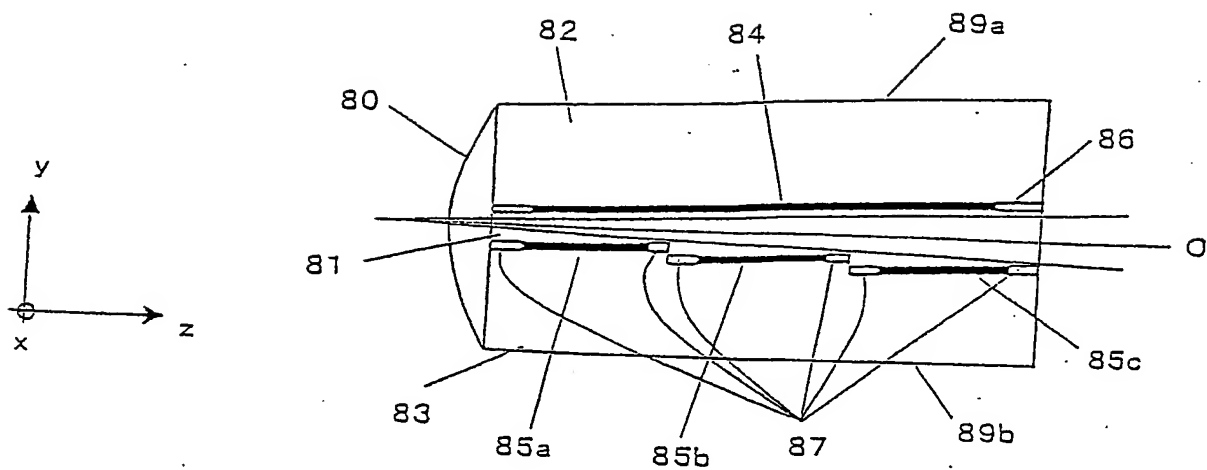


図 1 2



入射部拡大図

図 1 3

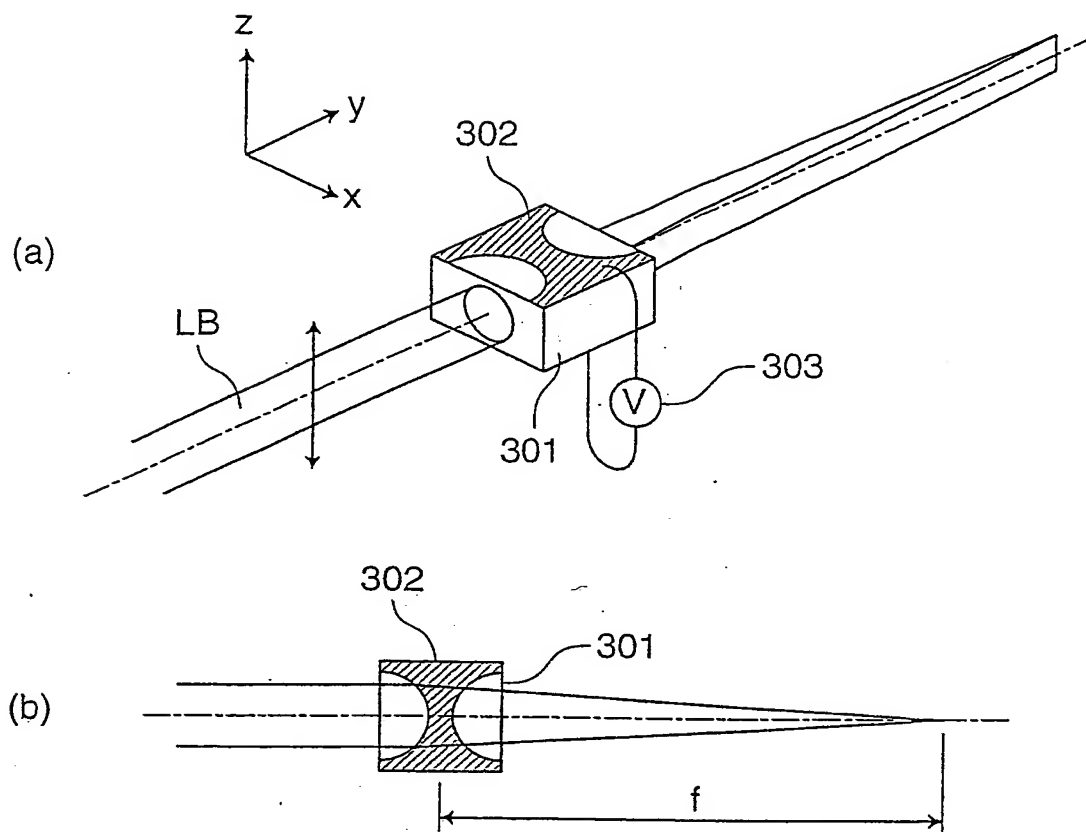
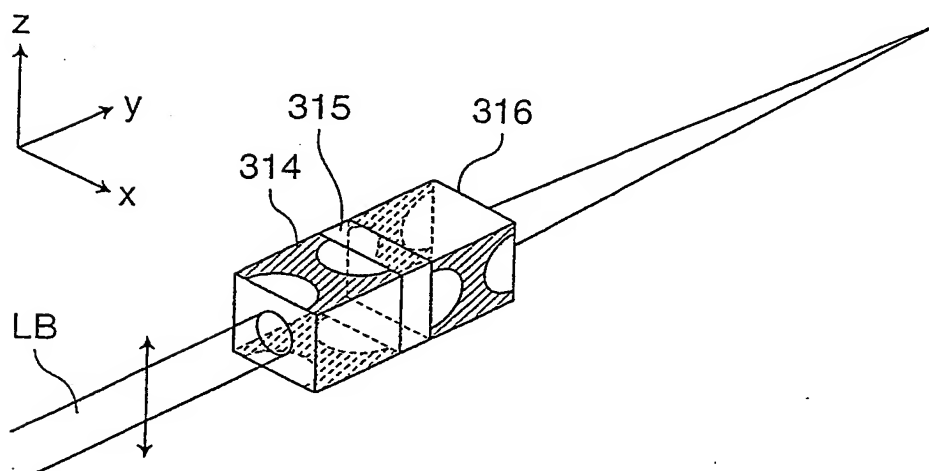


図 1 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12304

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/29, G02F1/03

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/29, G02F1/03

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4039251 A (The United States of America as represented by the Secretary of the Air Force), 02 August, 1977 (02.08.77), Full text; Figs. 1, 2 (Family: none)	1-11
A	JP 3-200936 A (Ricoh Co., Ltd.), 02 September, 1991 (02.09.91), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
16 December, 2003 (16.12.03)

Date of mailing of the international search report  
13 January, 2004 (13.01.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/29 G02F1/03

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/29 G02F1/03

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US 4039251 A (The United States of America as represented by the Secretary of the Air Force) 1977. 08. 02 全文, 第1、2図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 3-200936 A (株式会社 リコー) 1991. 09. 02 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1-11

☐ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 12. 03

国際調査報告の発送日

13.01.04

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

瀬川 勝久

2X

9120

電話番号 03-3581-1101 内線 3293